

Платиновые тонкоплёночные датчики температуры фирмы Heraeus Sensor Technology

Александр Ядевич (г. Минск, Белоруссия)

Статья посвящена тонкоплёночным платиновым датчикам температуры фирмы Heraeus Sensor Technology (HST). Дана классификация датчиков температуры, производимых HST. Рассмотрено строение и некоторые характеристики тонкоплёночных платиновых датчиков температуры. Приведены примеры их применения. Кратко описаны новейшие разработки HST.

ВВЕДЕНИЕ

Точность, быстродействие, стабильность, долговечность, надёжность и экономичность – это ключевые характеристики, которыми оперируют на современном рынке датчиков, в т.ч. датчиков температуры. Платиновые датчики температуры имеют оптимальное сочетание вышеперечисленных характеристик. Высокая чистота, химическая устойчивость и физические свойства платины делают её идеальным материалом для измерительного термосопротивления. Ещё сто лет тому назад Рихард Кюх (руководитель Heraeus в 1909–1915 г.) опубликовал патент на резистор для температурных измерений, выполненный из платиновой проволоки. С развитием тонкоплёночной технологии в 70-х годах на массовом рынке появились платиновые датчики в тонкоплёночном исполнении. Фирма Heraeus Sensor Technology GmbH (HST) завоевала мировое лидерство в производстве высокоточных платиновых температурных датчиков.

Тонкоплёночные платиновые датчики температуры представляют собой плёночные резисторы в форме меандра, выполненные из платины. Изготовление платиновых датчиков температуры практически полностью автоматизировано. Сначала в высоком вакууме на керамическую подложку напыляют платиновую плёнку до заданного поверхностного сопротивления и материалы для контактных площадок. Затем методом фотолитографии получают рисунок контактных площадок и пла-

тинового меандра. Сопротивление резистора зависит от отношения длины резистивной дорожки к её ширине. Оно должно быть строго определённым и иметь высокую точность. Этот тонкоплёночный резистор представляет собой термочувствительный элемент, из которого изготавливают датчик. Сопротивление резистора изменяется с изменением температуры строго в соответствии с температурной характеристикой и таким образом сообщает о температуре среды, в которой находится датчик.

Температурный коэффициент сопротивления (ТКС) датчиков фирмы HST и их характеристики соответствуют стандарту IEC 60751, принятому международной электротехнической комиссией. Стандарт нормирует характеристики платиновых датчиков с начальным сопротивлением 100 Ом при 0°C и ТКС = 1,3850 град⁻¹.

Тонкоплёночные платиновые датчики температуры благодаря особым свойствам платины имеют следующие преимущества по сравнению с термисторами, полупроводниковыми термодатчиками и термопарами:

- высокая точность (например, погрешность датчика класса точности 1/3В при 0°C составляет ±0,1°C);
- почти линейная зависимость сопротивления от температуры;
- высокая чувствительность;
- широкий диапазон измеряемых температур: –196...+1000°C;
- высокая долговечность, надёжность и долгосрочная стабильность (например, максимальный

дрейф номинального сопротивления после 1000 ч при 500°C для датчика М 222 составляет 0,04%);

- взаимозаменяемость датчиков.

Фирма HST производит тонкоплёночные платиновые датчики температуры в виде компонентов с проволочными выводами и SMD-, SMDFC-, SOT- и TO-компонентов, а также датчики температуры в специальных корпусах.

ДАТЧИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ С ПРОВОЛОЧНЫМИ ВЫВОДАМИ

Производят четыре типа платиновых датчиков температуры с проволочными выводами для работы в диапазонах температур С, L, М и Н.

Диапазон С – это диапазон криогенных температур: –196...+500°C. Номинальное сопротивление датчиков этого типа 100 или 1000 Ом. ТКС = 1,3850 град⁻¹. Выводы для этого типа датчиков выполнены из AuPd- или AgPd-проволоки. Тонкоплёночные датчики имеют более высокую виброустойчивость по сравнению с проволочными датчиками и более устойчивы к циклическому изменению температуры. У них отсутствует явление гистерезиса.

Диапазон L – это диапазон низких температур: –50...+400°C. Номинальное сопротивление датчиков этого типа 100, 500 или 1000 Ом. ТКС = 1,3850 град⁻¹. Выводы для этого типа датчиков выполнены из AgPd-проволоки. Характеризуются долгосрочной стабильностью, высокой точностью и компактностью. Датчик L 220P предназначен для измерения температуры поверхности. Датчик L 410ax изготовлен с аксиальным расположением выводов.

Диапазон М (МН) – это диапазон средних температур: –70...+600°C. Номинальное сопротивление датчиков этого типа 100, 500, 1000 и 10 000 Ом. ТКС = 1,3850 и 1,3750 град⁻¹. Для выводов этого типа датчиков используется проволока из AuPd-сплава или

никелевая проволока в платиновой оболочке. Датчики М (МН) 410ах изготовлены с аксиальным расположением выводов. Выводы также могут быть в виде DBS (Direct Bonding Strip) и DBW (Direct Bonding Wire) – ленточные выводы с прямоугольным сечением. Длина выводов – до 210 мм. Ленточные выводы более удобны в процессе монтажа. Характеризуются долгосрочной стабильностью, высокой точностью и компактностью.

Диапазон Н (НА, НД, НЛ) – это диапазон высоких температур: $-70...+1000^{\circ}\text{C}$. Номинальное сопротивление датчиков этого типа 100, 200 или 1000 Ом. ТКС = $1,3850$ и $1,3770$ град $^{-1}$. Выводы для этого типа датчиков выполнены из Pt-, PtNiCr-, AuInс-, PtRh-проволоки. Характеризуются высокой точностью и долгосрочной стабильностью.

ДАТЧИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ В ВИДЕ SMD-, SMDFC-, SOT- И TO-КОМПОНЕНТОВ

Измеряемый диапазон температур $-50...+150^{\circ}\text{C}$. Номинальное сопротивление датчиков этого типа – 100, 500, 1000 и 10 000 Ом. ТКС = $1,3850$ град $^{-1}$. Спектр применений – от компенсации температурно-чувствительной электроники до непосредственного измерения в высокотемпературной среде.

Платиновые датчики температуры SMD-, SMDFC- и SOT-исполнения предназначены для монтажа на поверхность, а в пластмассовом трёхвыводном корпусе TO-92 удобны для монтажа на печатных платах. Они характеризуются нормированным сигналом согласно стандарту DIN EN 60751, взаимозаменяемы и обладают высокой стабильностью и точностью (рис. 1). Датчики температуры в корпусах для поверхностного монтажа разработаны для автоматической установки на печатные платы. Датчики температуры в корпусе TO-92 предназначены для общего применения.

ДАТЧИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ В СПЕЦИАЛЬНЫХ КОРПУСАХ

Для применения в автомобильной, авиационной, военной и других отраслях промышленности требуются датчики температуры в специальных корпусах. Измеряемый диапазон температур $-70...+1000^{\circ}\text{C}$. Номинальное

сопротивление датчиков этого типа 100, 200, 500 и 1000 Ом. ТКС = $1,3850$ и $1,3770$ град $^{-1}$.

Для различных условий применения фирма HST заключает тонкоплёночные платиновые датчики в керамические или пластмассовые корпуса, а также они могут помещаться в металлическую гильзу. В дальнейшем датчики располагаются на печатной плате или монтируются в специальном корпусе какого-либо устройства. В сотрудничестве с потребителями или по конкретному заданию разработчиков аппаратуры, механизмов и другой техники проектируются и изготавливаются новые датчики, которые измеряют температуру в строго определённых, индивидуальных для данного потребителя условиях. При этом создаются готовые модули, которые у потребителя могут монтироваться с минимальными технологическими затратами. Время и производственные затраты, связанные с корпусированием датчиков, в этом случае значительно снижаются или исключаются. Вариантами модульного исполнения являются мультисенсорная платформа (рис. 2) и микробридж (рис. 3). Это платиновые температурные датчики, имеющие мультифункциональное строение. Они состоят как минимум из двух слоёв, которые интегрированы в один элемент. В соответствующих областях применения они выполняют задачи, которые не всегда связаны с непосредственным измерением температуры (например, определение массы и качества воздуха в помещениях с кондиционированием, биологический сенсор и др.).

Тонкоплёночные платиновые датчики типа MR устойчивы к ударным и вибрационным нагрузкам. Они характеризуются узким классом допуска по размерам, что гарантирует облегчённый монтаж в защитный чехол, и представляют собой элементарный тонкоплёночный датчик, установленный в керамический корпус.

Датчики типа PCB состоят из элементарных датчиков серии SMD, которые впаяются на печатную плату, имеющую присоединительные площадки (рис. 4). Этот тип датчиков наилучшим образом приспособлен для измерения температуры в жидкостях. Датчик PCB 540 разработан



Рис. 1. Тонкоплёночные платиновые датчики температуры для электроники

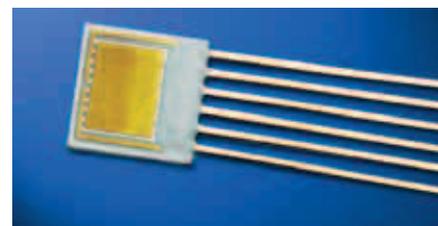


Рис. 2. Мультисенсорная платформа с золотым электродом и ленточными выводами

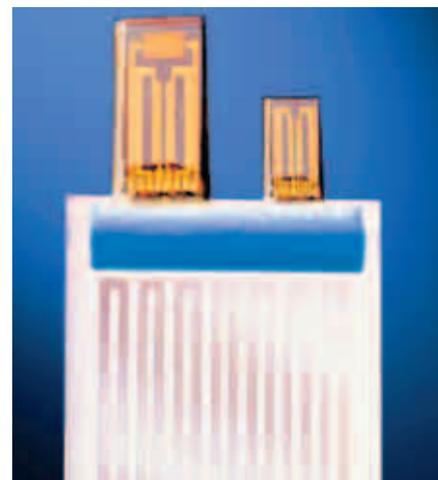


Рис. 3. Микробридж – сенсорная система для датчика расхода воздуха

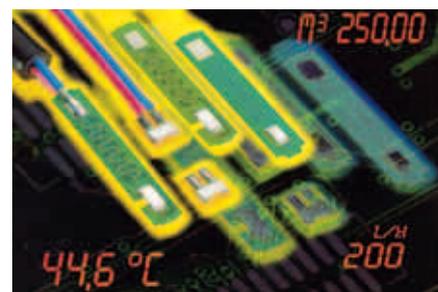


Рис. 4. Платиновые тонкоплёночные датчики температуры серии PCB

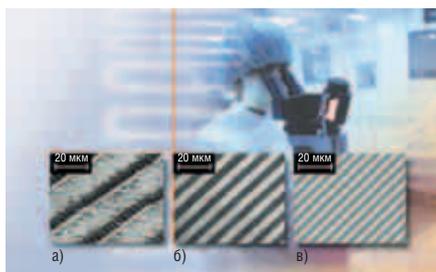


Рис. 5. Эволюционное развитие тонкоплёночного платинового резистора: формирование меандра с помощью лазера (а), методом фотолитографии на керамике (б) и на новейших подложках (в)

специально для температурных измерений в резервуарах, цистернах, бассейнах и т.п.

Ежегодно фирма HST разрабатывает большое число новых температурных датчиков, которые приспособлены к решению поставленных заказчиками задач.

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАТИНОВЫХ ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУРЫ

Наиболее широко платиновые тонкоплёночные датчики температуры применяются в оборудовании, устройствах или аппаратуре, будучи установленными на печатные платы. Наряду с измерением температуры датчики используются также для термокомпенсации отдельных компонентов или всей платы. Фирма HST предлагает для этих целей SMD-элементы (поверхностный монтаж) и предварительно корпусированные датчики с планарными (SOT) и штырьковыми (TO) выводами. SMD-датчики применяются для автоматического монтажа в крупносерийном производстве. Монтаж SMD-датчиков можно осуществлять как пайкой, так и путём приклеивания.

Датчики температуры находят все большее применение в бытовой технике. С ростом применения электронного управления в большинстве приборов, платиновые датчики температуры становятся серьёзным конкурентом электромеханическим регуляторам, а также NTC-термисторам. В высокотемпературной области (600...900°C) платиновые датчики служат для контроля температуры в различных печах и технологическом оборудовании. В этом диапазоне температур платиновые датчики вне конкуренции. В низкотемпературной области (до 250°C) платиновые дат-

чики всё больше применяются для электронного слежения и регулирования температуры в печах для выпечки и приготовления пищи.

Быстрое и одновременно высокоточное определение температуры является важной характеристикой при разработке и опробовании медицинских препаратов и при лечении больных. Типичными примерами применения платиновых датчиков температуры в этой области являются медицинская техника, системы диализа, инкубаторы, центрифуги, газовые хроматографы, оборудование для наркоза, а также приборы диагностики и анализа.

Для РСВ-датчиков конструктивными мерами достигнута чрезвычайно низкая погрешность, обусловленная теплопроводом. Поэтому они преимущественно применяются в термометрах для теплосчётчиков, определяющих стоимость затрат на отопление. Фирма HST поставляет в год более четырёх миллионов датчиков температуры этого типа ведущим европейским производителям теплосчётчиков. Корректная система измерения температур позволяет производителям экономить энергию, а для конечных потребителей обеспечивает надёжные данные для расчёта затрат на отопление. В этом секторе рынка высокоомные платиновые датчики температуры находят всё большее применение.

Широко применяются платиновые тонкоплёночные датчики температуры в автомобилестроении. В низкотемпературной области датчики фирмы HST измеряют температуру масла и температуру охлаждающей жидкости автомобиля. Специальные датчики определяют состояние масла. Это позволяет установить точное время замены отработанного масла, что, с одной стороны, обеспечивает снижение нагрузки на окружающую среду, с другой – обеспечивает владельцу снижение затрат на эксплуатацию автомобиля. Широко используются платиновые датчики температуры для бортовых кондиционеров, обеспечивающих комфортные условия водителю.

В высокотемпературной области благодаря чрезвычайно высокой термической стабильности платиновые тонкоплёночные датчики температуры пригодны для измерения температуры выхлопных газов в

дизельных двигателях. Расположенный непосредственно за катализатором специальный датчик фирмы HST контролирует оптимальный режим работы катализатора. Для современных катализаторов это примерно 950°C. При отклонении от оптимальных условий работы датчик сообщает об этом управляющей системе, которая регулирует режим работы двигателя. Таким образом, датчик, контролирующей температуру выхлопных газов, с одной стороны, защищает катализатор от перегрева, с другой – снижает выброс вредных веществ от работы дизельного двигателя.

Оптимизация потребления топлива и уменьшение выброса вредных веществ определяется составом топливно-воздушной смеси во всасывающем тракте двигателей внутреннего сгорания. При установке оптимального состава смеси уже более 15 лет используется принцип измерения массы воздуха с использованием соответствующих датчиков. Эти датчики отличаются высокой точностью, быстрым срабатыванием на изменение массы воздуха и хорошей механической прочностью. С самого начала HST заняла лидирующее место в этой области и представила уже третье поколение датчиков-микробриджей. Этот новый датчик для измерения воздушных потоков отличается чрезвычайно быстрым временем срабатывания и высокой механико-термической стабильностью. Микробридж фирмы HST впервые позволяет определять «обратный поток» в двигателях внутреннего сгорания. Ключом к этому послужила новейшая мембранная технология.

НОВЕЙШИЕ РАЗРАБОТКИ

Последние достижения в области технологий осаждения из газовой фазы, ионного травления, успешные работы по оптимизации технологических процессов фотолитографии и изготовлению материала подложки с абсолютно плоской поверхностью позволяют сегодня фирме HST получать тонкоплёночные структуры с размерами 2...3 мкм и изготавливать высокотехнологические датчики высочайшего качества. Для сравнения: человеческий волос имеет диаметр 50...100 мкм! На рис. 5 представлено эволюционное разви-

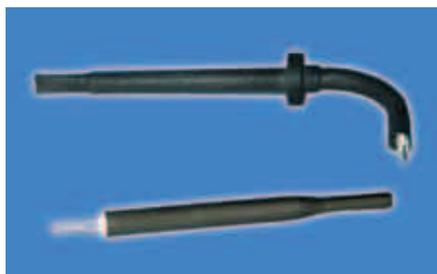


Рис. 6. Универсальные измерительные элементы NT-Spitze HA и MP-NT-Spitze HA (прямой) для высокотемпературного термометра

тие тонкоплёночного платинового меандра.

Этот инновационный прорыв обеспечил для датчиков SMD 603 миниатюризацию, а для датчиков M 622 и SMD 805 – высокое номинальное сопротивление в 10 кОм, позволившее получить превосходный выходной сигнал. Достигнутые технологические возможности открывают великолепные перспективы – уже в ближайшее время предполагается разработать и изготовить датчик SMD 603 в 10 кОм.

С помощью новых технологических процессов были изготовлены

тонкоплёночные платиновые датчики с проволочными выводами очень малых размеров, например, датчики M 213 и M 310. Датчик M 213 имеет размеры чипа 1,2×1,7 мм. Максимальное время срабатывания в воде, движущейся со скоростью 0,4 м/с, составляет 0,12 с, а в потоке воздуха, движущегося со скоростью 2,0 м/с, – 7,0 с. Малые габариты тонкоплёночных датчиков температуры способствуют увеличению их быстродействия.

Среди новинок последних лет следует отметить датчики для высокотемпературных измерений. Датчик HD 421 измеряет температуру до 850°C, а платиновый датчик HA 421 – до 1000°C. Датчик NT-Spitze HA является универсальным измерительным элементом в защитной гильзе из жаростойкой стали. Он используется для изготовления высокотемпературного термометра, измеряющего температуру до 1000°C (рис. 6). При этом не требуется сложных технологических операций. Датчик характеризуется высокой точностью и долгосрочной стабильностью. Новые высокотемпературные датчики температуры имеют типичную для

платиновых датчиков линейную зависимость сопротивления от температуры, что обеспечивает лёгкую оценку сигнала и высокую точность измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.heraeus-sensor-technology.de.
2. www.mcm-sensor.ru.
3. Гутников В., Ядевич А. Платиновые тонкоплёночные датчики температуры фирмы Heraeus Sensor Technology GmbH. Электронные компоненты. 2005. № 5.
4. Wienand K. New Gas Flow Sensor for Exhaust Gas Recirculation. AutoTechnology. 2003. № 4.
5. Kleiner, schneller, billiger, besser – neue Platin-Dunnschichtsensoren. Sensor Magazin. 2003. № 3.
6. Mit Platin-Dunnschichttechnologie erfolgreich (Interview). Sensor report. 2003. № 6.
7. Pt100-Chips stabil bei 850 oC. Sensor Report 2004. № 2.
8. Wienand K. Plattformkonzept für Gas- und Feuchte-Sensorik. elektronik industrie. 2005. № 1/2.
9. Bracker C. Sensorik mit Platin-Präzision. Sensor Magazin. 2005. № 4.



Heraeus Sensor Technology

Тонкоплёночные платиновые датчики температуры

измерять и регулировать
от **-200** до **+1000°C**

подробности <http://www.mcm-sensor.ru>

Официальный представитель
Heraeus Sensor Technology
в странах СНГ и Балтии
ОДО «МСМ»

пр. Независимости, 78А, оф. 3
220012, г. Минск, РБ
Тел./факс: (+375 17) 280-5861
E-mail: mcm@mail.belpak.by

